

2812
#2

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of
Inventor(s): SHIBATA, NAOKI

Appln. No. : 9/493819
Filed : 28 Jan 2000

Group Art Unit : 2812
Atty. Dkt. : 266204/T36-119817M/KOH

Title : GROUP III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

Date : 7 Apr 2000

SUBMISSION OF PRIORITY CLAIM AND PRIORITY DOCUMENT
IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:


It is respectfully requested that this application be given the benefit of the foreign filing date under the provisions of 35 U.S.C. 119/365 of the following, a certified copy of which is submitted herewith:

| <u>Application No.</u> | <u>Country of Origin</u> | <u>Filed</u> |
|------------------------|--------------------------|--------------|
| 11/065880 | JAPAN | 12 Mar 1999 |

Respectfully submitted,

PILLSBURY MADISON & SUTRO LLP
Intellectual Property Group

1100 New York Avenue, N.W.
Ninth Floor, East Tower
Washington, D.C. 20005-3918
Telephone: (202) 861-3000

By 
PETER W GOWDEY
Reg. No. 25872
Telephone: (202) 861-3000
Fax: (202) 822-0944

PAT-122 8/94

RECEIVED
APR 12 2000
IC 2800 MAIL ROOM



日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 3月12日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第065880号

出願人

Applicant(s):

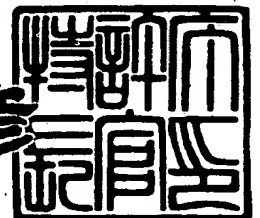
豊田合成株式会社

RECEIVED
APR 12 2000
TC-2800 MAIL ROOM

2000年 2月18日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3007540

【書類名】 特許願

【整理番号】 P0115

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 柴田 直樹

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095577

【弁理士】

【氏名又は名称】 小西 富雅

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 045908

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

・ 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 GaN系の半導体素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

バッファ層と、

$\text{In}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 < X < 1$) からなる第1の層と、

$\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y < 1$, $Y \neq X$) からなる第2の層と、が順次積層された構造を備えてなるGaN系の半導体素子。

【請求項2】 前記第2の層と接する面において前記第1の層の組成が前記第2の層の組成とほぼ等しくなるように、前記第1の層におけるInの組成比を前記バッファ層側から前記第2の層側に向かって連続的又は断続的に変化させる、ことを特徴とする請求項1に記載の半導体素子。

【請求項3】 基板と、

バッファ層と、

$\text{Al}_a\text{Ga}_b\text{In}_{1-a-b}\text{N}$ ($0 < a < 1$, $0 < b < 1$, $a + b < 1$) からなる第1の層と、

$\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y < 1$) からなる第2の層と、が順次積層された構造を備えてなるGaN系の半導体素子。

【請求項4】 前記第2の層と接する面において前記第1の層の格子定数が前記第2の層の格子定数とほぼ等しくなるように、前記第1の層におけるAl及びInの組成比を前記バッファ層側から前記第2の層側に向かって連続的又は断続的に変化させる、ことを特徴とする請求項3に記載の半導体素子。

【請求項5】 前記第2の層と接する面において前記第1の層のバンドキャップが前記第2の層のバンドキャップよりも広くなるように、前記第1の層におけるAl及びInの組成比を前記バッファ層側から前記第2の層側に向かって連続的又は断続的に変化させる、ことを特徴とする請求項3又は4に記載の半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、GaN系の半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

GaN系の半導体は、例えば青色発光素子として利用できることが知られている。従来、GaN系の半導体素子の製造方法として、サファイア基板の上に、AlN又はGaNからなるバッファ層を成長させ、その上にGaN又はAlGaNからなる層（以下、下地層とする。）を数 μm 成長させた後、InGaNからなる層（以下、InGaN層とする。）を成長させる方法が提案されている（特許公報第2751963号を参照。）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記方法ではInGaN層と下地層（AlGaN又はGaN）ではその組成が異なるため、前者は後者の上にヘテロエピタキシャル成長した構成となる。更には、両者を有機金属化合物気相成長法（以下、MOCVD法という。）で形成しようとするとき、下地層（AlGaN又はGaN）の成長温度は通常、約1000℃であるのに対し、InGaN層の成長温度は700～900℃である。このように、ヘテロエピタキシャル成長や成長温度の相違の問題があるので、下地層の上に形成されるInGaN層の結晶性の向上には限界があった。

そこで、本発明は、より結晶性の高いInGaN層を有する新規な構成のGaN系の半導体素子を提供することを目的とする。InGaNの結晶性を向上させることにより、これを発光素子に利用した場合には発光光度の向上が図れる。

【0004】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決すべくなされたものである。この発明の第1の局面の構成は以下の通りである。即ち、

基板と、

バッファ層と、

$\text{In}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 < X < 1$) からなる第1の層と、

$\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y < 1$, $Y \neq X$) からなる第2の層と、が順次積層された構造を備えてなるGaN系の半導体素子である。

【0005】

このように構成された半導体素子によれば、 $\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y < 1$, $Y \neq X$) からなる第2の層とその下地となる $\text{In}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 < X < 1$) からなる第1の層とが同じ組成物で形成されている。したがって、第2の層は第1の層の上にホモエピタキシャル的に成長させることができ、かつ両者をほぼ同じ成長温度で成長させることができる。その結果、結晶性の高い第2の層を得ることができる。

【0006】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の各構成要素について説明する。

GaN系の半導体とはIII族窒化物半導体であって、一般的には $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$) で表される。かかるGaN系の半導体層は周知のMOCVD法により成長される。また、周知の分子線結晶成長法（以下、MBE法とする。）等によっても成長させることができる。

【0007】

本発明に用いられる基板は任意である。好適にはサファイア基板が用いられる。その他、Si、SiC等の基板を用いることができる。

【0008】

サファイア基板を用いた場合には、バッファ層として $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 \leq X \leq 1$) を用いる。バッファ層はGaN系の半導体層の形成を容易にするために用いられる。バッファ層の厚さは特に限定はされない。また、バッファ層は単層であっても、複数のバッファ層を積層してもよい。

他の基板材料を用いたときにも、当該基板材料に適した材料製のバッファ層を用いる。例えば、Si(111)基板を採用するときには、基板側からAl/TiN/Tiなる構成のバッファ層を用いる。

【0009】

第1の層は $\text{In}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 < X < 1$) からなり、例えば発光素子のクラッド層として用いられるときには、この第1の層は所望の導電型を得るためにアクセプター又はドナーがドーブされる。

【0010】

ここで、バッファ層に $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ ($0 \leq Z \leq 1$) を用いた場合には、バッファ層の格子定数が第1の層の格子定数よりも小さい。また、第1の層の In の組成比が小さいほど両者の格子定数の差も小さくなる。そこで、バッファ層と接する面においてはバッファ層とより格子整合し、第2の層と接する面においては第2の層の組成とほぼ等しくなるように、第1の層における In の組成比をバッファ層側から第2の層側に向かって連続的又は断続的に大きくさせることが好ましい。これにより、バッファ層と接する面においてはバッファ層とより格子整合し、かつ第2の層と接する面において第2の層と格子整合した第1の層が得られる。その結果、第1の層の結晶性が向上し、その結晶性の高い第1の層の上に形成される第2の層はより高品質のものとなる。

第1の層の組成を連続的又は断続的に変化させるには、MOCVD法を例にとれば、第1の層を成長させるにしたがって原料ガスの組成比を連続的又は断続的に変化させればよい。

【0011】

第2の層は $\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y < 1$, $Y \neq X$) からなり、例えば発光素子ではこの層が発光層となる。発光素子としては周知のダブルヘテロ構造、超格子構造などが用いられる。さらには、第2の層をFET構造に代表される電子デバイスに利用することもできる。

【0012】

第2の層の上には、発光素子を例にとれば、クラッド層が周知の方法で形成され、サファイア等の絶縁性基板を用いた場合には必要なエッチング工程を経た後、 n 電極及び p 電極が形成される。

【0013】

次に、本発明の第2の局面における構成について説明する。この局面の発明では、第1の局面の発明における第1の層を $\text{Al}_a\text{Ga}_b\text{In}_{1-a-b}\text{N}$ ($0 <$

$a < 1$ 、 $0 < b < 1$ 、 $a + b < 1$) とした。A1 をその組成に加えることにより第1の層のバンドキャップを第1の局面の場合より更に広くできるからである。これにより、例えば発光素子では第2の層を発光層とした時、より優れたクラッド層としての役割を第1の層に与えることができる。

【0014】

第1の層におけるA1及びInの組成比は任意であるが、この上に形成される第2の層との格子整合をとるため、第2の層の格子定数とほぼ等しくなるような組成とすることが望ましい。

【0015】

第1の局面の場合と同様、第1の層のA1及びInの組成比をバッファ層側から第2の層側に向かって連続的又は断続的に変化させることもできる。これにより、バッファ層と接する面においてはバッファ層とより格子整合し、かつ第2の層と接する面において第2の層と格子整合した第1の層が得られる。その結果、第1の層の結晶性が向上し、その結晶性の高い第1の層の上に形成される第2の層はより高品質のものとなる。

第1の層のA1及びInの組成比を変化させる場合には、第2の層と接する面において第1の層のバンドキャップが第2の層のバンドキャップよりも広くなるようにA1及びInの組成比を変化させることが望ましい。

このような第1の層は第1の局面のそれと同様の方法で形成される。

【0016】

【実施例】

以下、この発明の第1の局面における実施例を図を参照しながら説明する。

(第1実施例)

図1はこの発明の実施例の発光ダイオード1である。各半導体層のスペックは次の通りである。

| 層 | 組成 | ドーパント | (膜厚) |
|----------|-------|-------|---------------|
| p クラッド層6 | p-GaN | Mg | (0.3 μ m) |

| | | | |
|--------------|---|--|----------------------|
| 第2の層：発光層5 | : | $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ | (3.5nm) |
| 第1の層：nクラッド層4 | : | $n\text{-In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}:\text{Si}$ | (4 μm) |
| バッファ層3 | : | AlN | (50nm) |
| 基板2 | : | サファイア | (300 μm) |

【0017】

バッファ層3はMOCVD法により基板1の上に積層される。

【0018】

第1の層であるnクラッド層4は発光層5側の低電子濃度 n^- 層とバッファ層3側の高電子濃度 n^+ 層とからなる2層構造とすることができる。

第2の層である発光層5は実施例に限定されず、多重量子井戸構造等を用いることができる。

発光層5とpクラッド層6との間にマグネシウム等のアクセプタをドーピングしたバンドキャップの広い $\text{Al}_X\text{Ga}_Y\text{In}_{1-X-Y}\text{N}$ ($0 \leq X \leq 1$, $0 \leq Y \leq 1$, $X+Y \leq 1$)層を介在させることができる。これは発光層5の中に注入された電子がpクラッド層6に拡散するのを防止するためである。

pクラッド層6を発光層5側の低ホール濃度 p^- 層と電極7側の高ホール濃度 p^+ 側とからなる2層構造とすることができる。

【0019】

バッファ層3の上の各半導体層は周知のMOCVD法により形成される。この成長法においては、アンモニアガスとIII族元素のアルキル化合物ガス、例えばトリメチルガリウム (TMG)、トリメチルアルミニウム (TMA) やトリメチルインジウム (TMI) とを適当な温度に加熱された基板上に供給して熱分解反応させ、もって所望の結晶を基板の上に成長させる。

【0020】

pクラッド層6を形成した後、pクラッド層6、発光層5及びnクラッド層4の一部をエッチングする。その後、n電極9をnクラッド層4の上に蒸着により

形成する。

【0021】

透光性電極7は金を含む薄膜であり、pクラッド層6の上面の実質的な全面を覆って積層される。p電極8も金を含む材料で構成されており、蒸着により透光性電極7の上に形成される。又、p電極8を厚膜とすれば、発生した光を反射し、透明なサファイア基板2から光を取り出すタイプの発光素子とすることもできる。

【0022】

(第2実施例)

図2に本発明の他の実施例である発光ダイオード10の要部拡大図を示す。なお、第1実施例の発光ダイオード1と同一の部材には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0023】

発光ダイオード10ではnクラッド層14の組成がバッファ層3から発光層5に向かって $n\text{-In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$ (Siドープ) \sim $n\text{-In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ (Siドープ)へと連続的に変化している。発光ダイオード10ではnクラッド層のバッファ層3側のInの組成比が小さくなるため、バッファ層3との格子定数の差も小さくなり、nクラッド層14の結晶性が向上する。そして、発光層5側においてnクラッド層14のInの組成比が発光層5のそれと実質的に等しくなるのでnクラッド層14と発光層5との格子定数が実質的に等しくなる。よって、発光層5の結晶性も向上する。

【0024】

nクラッド層14の形成は、MOCVD法を行うとき、原料ガスの組成比を連続的に変化させる。これにより、バッファ層3側から発光層5側に向かって連続的に組成の変化するnクラッド層14を得る。

【0025】

(第3実施例)

図3に本発明の他の実施例である発光ダイオード20の要部拡大図を示す。なお、第1実施例の発光ダイオード1と同一の部材には同一の符号を付してその説

明を省略する。

【0026】

発光ダイオード20ではnクラッド層24の組成がバッファ層3から発光層5に向かって $n\text{-In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ (Siドープ)、 $n\text{-In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ (Siドープ)、 $n\text{-In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ (Siドープ)へと3段階に変化している。発光ダイオード20ではnクラッド層24のバッファ層3側のInの組成比が小さくなるため、バッファ層3との格子定数の差も小さくなり、nクラッド層24の結晶性が向上する。そして、発光層5側においてnクラッド層24のInの組成比が発光層5のそれと実質的に等しくなるのでnクラッド層14と発光層5との格子定数が実質的に等しくなる。よって、発光層5の結晶性も向上する。

【0027】

nクラッド層24の形成は、MOCVD法を行うとき、原料ガスの組成比を段階的に変化させる。このようにして、バッファ層3側から発光層5側に向かって段階的に組成の変化するnクラッド層24を得る。

本実施例ではnクラッド層24の組成を3段階に変化させたが、本発明は3段階の変化に限定されるわけではない。

【0028】

以下、この発明の第2の局面における実施例を図を参照しながら説明する。

(第4実施例)

図4はこの発明の実施例の発光ダイオード30である。なお、第1実施例の発光ダイオード1と同一の部材には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0029】

発光ダイオード30ではnクラッド層34を $n\text{-Al}_{0.11}\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.28}\text{N}$ (Siドープ)とした。膜厚は4 μm である。Alをその組成に加えることによりnクラッド層34のバンドキャップを広くでき、よって、nクラッド層34は発光層5で生ずるホールのバリア層としての役割を持つ。

【0030】

(第5実施例)

図5に本発明の他の実施例である発光ダイオード40の要部拡大図を示す。なお、第1実施例の発光ダイオード1と同一の部材には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0031】

発光ダイオード40ではnクラッド層44の組成がバッファ層3から発光層5に向かって $n\text{-Al}_{0.34}\text{Ga}_{0.33}\text{In}_{0.33}\text{N}$ (Siドープ) ~ $n\text{-Al}_{0.11}\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.28}\text{N}$ (Siドープ) へと連続的に変化している。このように組成を変化させることにより、バッファ層3と接する面においてはバッファ層3と格子整合し、発光層5と接する面においては発光層5と格子整合したnクラッド層44が得られる。その結果、nクラッド層44及び発光層5はそれぞれ格子整合した下地の上に形成されることとなり、相乗的に発光層5の結晶性が向上する。

また、発光層5と接する面においては、nクラッド層44のバンドキャップは発光層5のバンドキャップよりも広く、nクラッド層44は発光層5で生ずるホールのバリア層の役割をもつ。

【0032】

nクラッド層44の形成は、MOCVD法を行うとき、原料ガスの組成比を連続的に変化させる。このようにして、バッファ層3側から発光層5側に向かって連続的に組成の変化するnクラッド層44を得る。

【0033】

(第6実施例)

図6に本発明の他の実施例である発光ダイオード50の要部拡大図を示す。なお、第1実施例の発光ダイオード1と同一の部材には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0034】

発光ダイオード50ではnクラッド層54の組成がバッファ層3側から発光層5側に向かって $n\text{-Al}_{0.34}\text{Ga}_{0.33}\text{In}_{0.33}\text{N}$ (Siドープ)、 $n\text{-Al}_{0.22}\text{Ga}_{0.48}\text{In}_{0.30}\text{N}$ (Siドープ)、 $n\text{-Al}_{0.11}\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.28}\text{N}$ (Siドープ) へと3段階に変化している。この

ように組成を変化させることにより、バッファ層 3 と接する面においてはバッファ層 3 と格子整合し、発光層 5 と接する面においては発光層 5 と格子整合した n クラッド層 5 4 を得ることができる。その結果、n クラッド層 5 4 及び発光層 5 はそれぞれ格子整合した下地の上に形成されることとなり、相乗的に発光層 5 の結晶性が向上する。

また、発光層 5 と接する面においては、n クラッド層 5 4 のバンドキャップは発光層 5 のバンドキャップよりも広く、n クラッド層 5 4 は発光層 5 で生ずるホールのバリア層の役割を持つ。

【0035】

n クラッド層 5 4 の形成は、MOCVD 法を行うとき、原料ガスの組成比を段階的に変化させる。このようにして、バッファ層 3 側から発光層 5 側に向かって段階的に組成の変化する n クラッド層 5 4 を得る。

本実施例では n クラッド層の組成を 3 段階に変化させたが、本発明は 3 段階の変化に限定されるわけではない。

【0036】

この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【0037】

以下、次の事項を開示する。

(10) 基板と、

バッファ層と、

ドーパされた $\text{In}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 < X < 1$) からなる第 1 の層と、

ドーパされていない $\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y < 1$) からなる第 2 の層と、
が順次積層された構造を備えてなる GaN 系の半導体素子。

(11) 前記第 2 の層と接する面において前記第 1 の層の組成が前記第 2 層の組成とほぼ等しくなるように、前記第 1 の層における In の組成比を前記バッファ層側から前記第 2 の層側に向かって連続的又は断続的に変化させる、ことを特徴とする (10) に記載の半導体素子。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例である発光ダイオード 1 を示す図である

【図 2】

同じく他の実施例の発光ダイオード 1 0 の要部拡大図である。

【図 3】

同じく他の実施例の発光ダイオード 2 0 の要部拡大図である。

【図 4】

同じく他の実施例の発光ダイオード 3 0 を示す図である。

【図 5】

同じく他の実施例の発光ダイオード 4 0 の要部拡大図である。

【図 6】

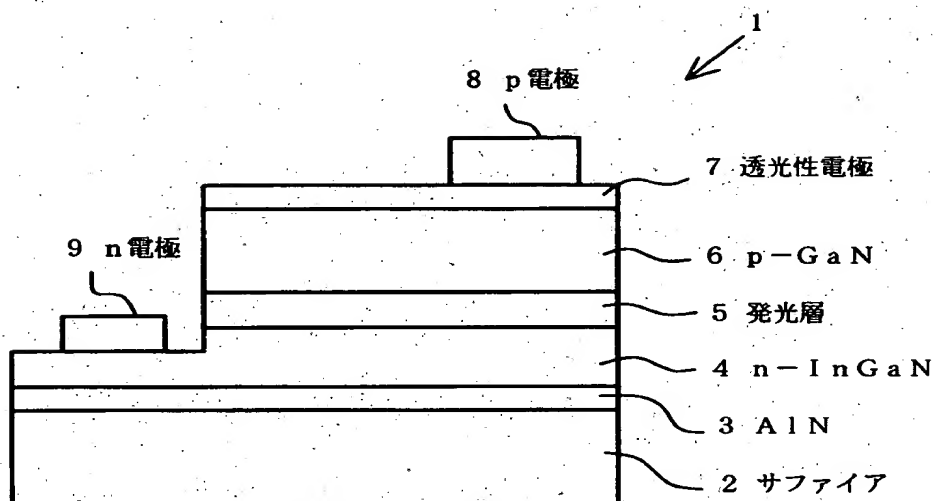
同じく他の実施例の発光ダイオード 5 0 の要部拡大図である。

【符号の説明】

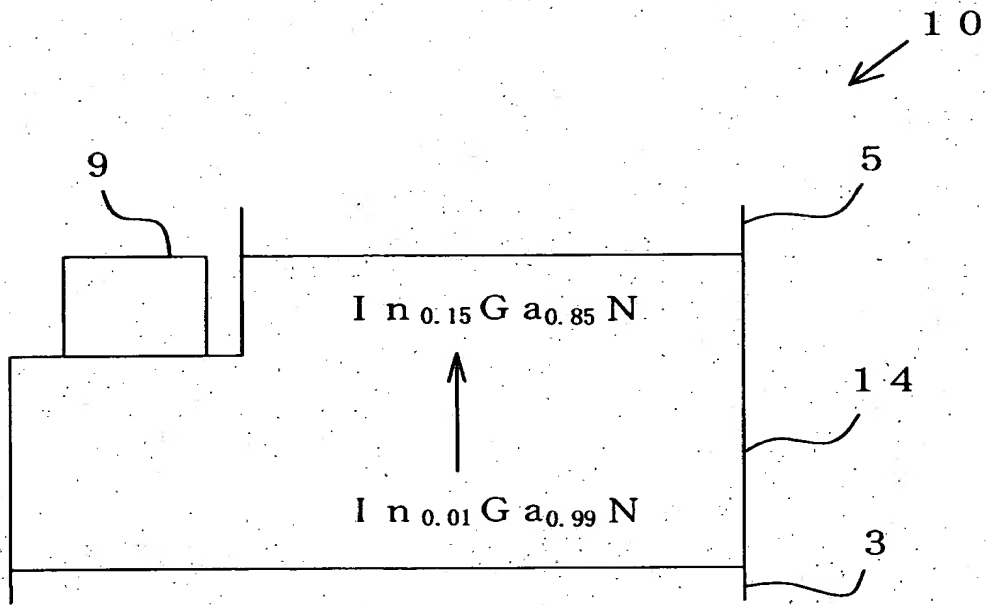
- 1、1 0、2 0、3 0、4 0、5 0 発光ダイオード
- 2 サファイア基板
- 3 バッファ層
- 4、1 4、2 4、3 4、4 4、5 4 n クラッド層
- 5 発光層
- 6 p クラッド層
- 7 透光性電極
- 8 p 電極
- 9 n 電極

【書類名】 図面

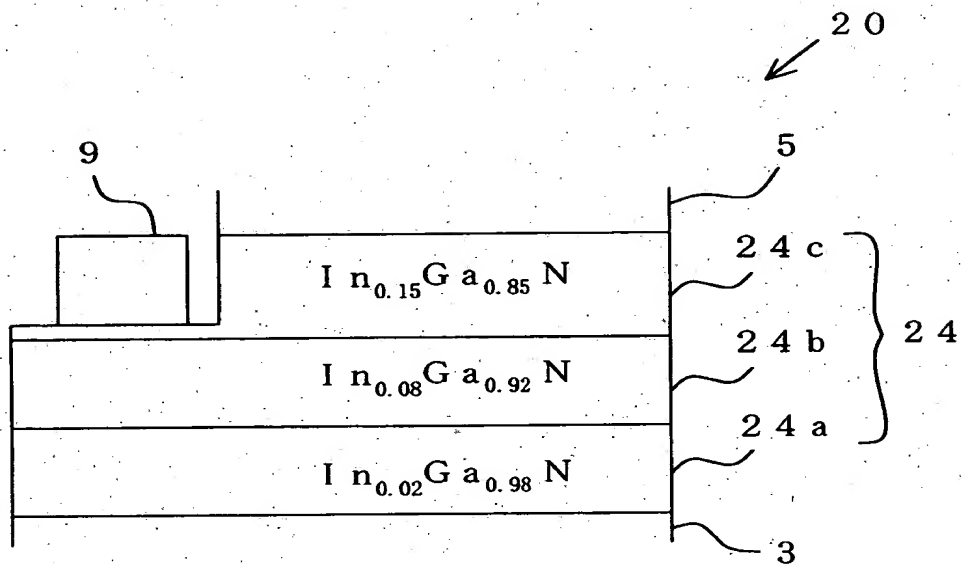
【図 1】



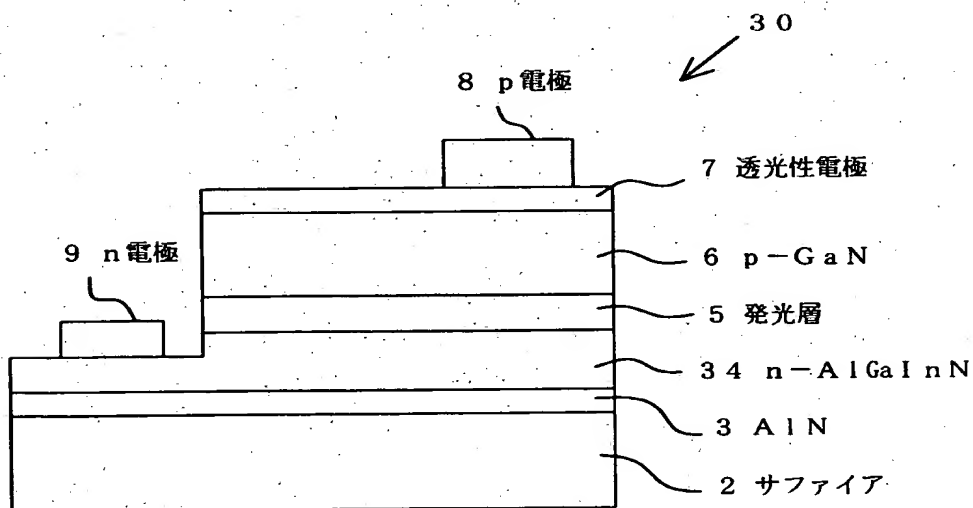
【図 2】



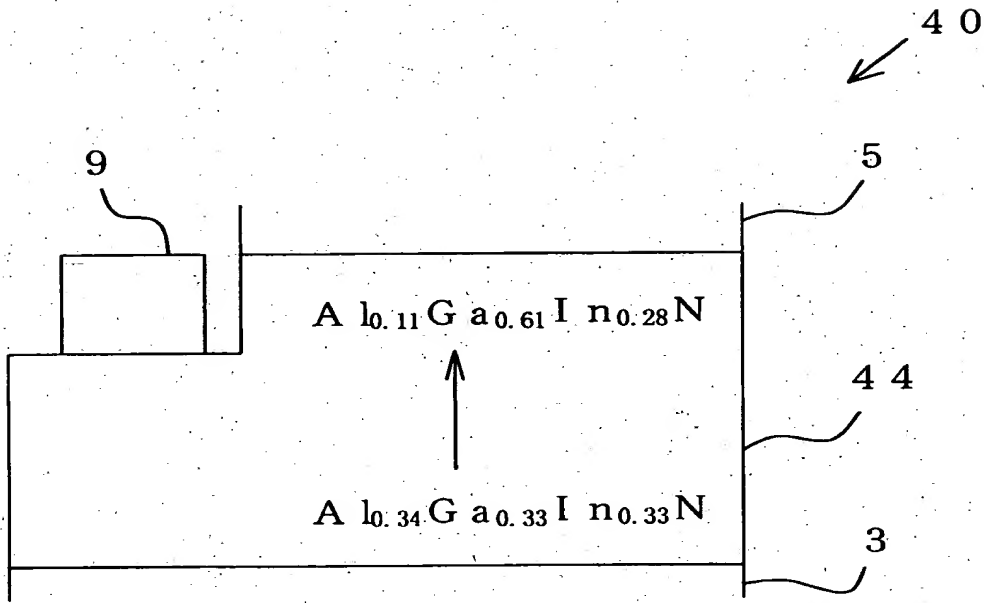
【図 3】



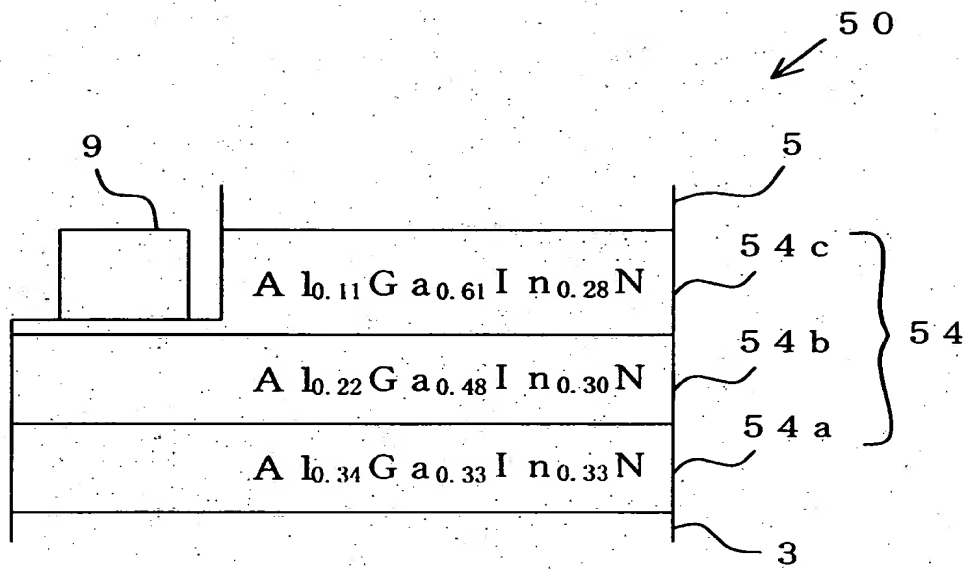
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 結晶性の高い I n G a N 層を有する新規な構成の G a N 系の半導体素子を提供することを目的とする。

【構成】 I n G a N 層を同じ組成の下地層の上に形成する。下地層の組成を連続的又は段階的に変化させてもよい。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------|
| 特許出願の番号 | 平成11年 特許願 第065880号 |
| 受付番号 | 59900225692 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0094 |
| 作成日 | 平成11年 3月17日 |

<認定情報・付加情報>
【提出日】

平成11年 3月12日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000241463]

1. 変更年月日 1990年 8月 9日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

氏 名 豊田合成株式会社